



LIFE Project Number
LIFE 17 ENV/SK/000036
Akronym: LIFE – WATER and HEALTH

STRUČNÁ SPRÁVA

Riziková analýza

(Aktivita B.1: Riziková analýza)

10/12/2019

Stanislav Rapant, Veronika Cvečková, Juraj Macek, Anna Letkovičová, Beáta Stehlíková

ÚVOD

Cieľom tejto aktivity je realizovať výpočty (odhad) zdravotného rizika z deficitných obsahov Ca a Mg v pitnej vode u ľudskej populácie, ktorá je zásobovaná vodou rôznej tvrdosti, teda rôznych obsahov Ca a Mg v pitných vodách a zároveň stanoviť odporúčanú optimálnu koncentráciu obsahu Ca a Mg, resp. tvrdosti vody (Ca + Mg), pri ktorej dôjde v zmysle projektu k zníženiu zdravotného rizika minimálne o 10 %. Výpočty sú realizované na dvoch rôznych skupinách obyvateľov. Prvá skupina (52 676 obyvateľov) je zásobovaná pitnou „mäkkou“ vodou, t. j. s obsahom (Ca + Mg) približne 1 mmol . l⁻¹ a menej s obsahom Ca približne 30 mg . l⁻¹ a menej a obsahom Mg približne 15 mg . l⁻¹ a menej. Druhá skupina (53 118 obyvateľov obcí) je zásobovaná „tvrdou“ pitnou vodou, t. j. s obsahom (Ca + Mg) 2 mmol . l⁻¹ a viac, s obsahom Ca približne 50 mg . l⁻¹ a viac a s obsahom Mg približne 20 mg . l⁻¹ a viac. Výpočty zdravotného rizika sú založené na metodických princípoch definovaných US EPA (1989a, 1991, 1999a, 1999b, 2004, 2009), metodický pokynom MŽP SR č. 6623/98-2 a odborným usmernením MZ SR, HH SR 49/2001. Z literárnych poznatkov je známe, že zvýšený obsah Mg o jeden mg . l⁻¹ znižuje výskyt kardiovaskulárnych ochorení o 1 % (Rosborg, ed., 2015). V projekte sme si dali za cieľ znížiť riziko úmrtí najmenej o 10 %.

Zdravotné riziko je vyjadrené buď ako HQ (hazard quotient) alebo počtom prípadov úmrtí na počet obyvateľov ELHR (Exces Lifetime Health Risk). Pri výpočtoch vychádzame z reálnych dát. Vo všetkých hodnotených obciach máme k dispozícii reálne dáta a to o obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode a dáta o úmrtí na kardiovaskulárne



ochorenia (CVD), na onkologické ochorenia (OD), na ochorenia tráviaceho traktu (GS) a na ochorenia dýchacieho systému (RS). Tieto štyri hlavné príčiny predstavujú spolu približne 86 – 87 % príčin úmrtí na Slovensku. Dáta o uvedených príčinách úmrtí predstavujú 15 ročné priemerné hodnoty (1994 – 2008) o relatívnej úmrtnosti na uvedené štyri hlavné príčiny úmrtí. Nevýhodou pre naše výpočty je skutočnosť, že Ca, Mg a (Ca + Mg) doposiaľ nie sú považované pre ľudské zdravie za nepriaznivé prvky a v relevantných databázach (napr. IRIS) nie sú pre tieto parametre definované referenčné, resp. toxické dávky alebo potrebné dávky. Ďalšou skutočnosťou, ktorá limituje naše výpočty je, že musíme pri výpočtoch zohľadniť limitné hodnoty slovenskej normy pre pitnú vodu (Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.), ktoré sú nasledovné: Ca $> 30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Mg $10 - 30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, (Ca + Mg) (tvrdosť vody) $1,1 - 5,0 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Tieto hodnoty musíme rešpektovať.

V prvom kroku výpočtov odvodíme z reálnych dát limitné a optimálne hodnoty a v druhom kroku potom výpočtom realizujeme výpočet (odhad) rizika. Teda budeme počítat o koľko sa zníži riziko úmrtí na štyri hlavné príčiny úmrtí pri rôznych koncentráciách na základe nami navrhnutých limitných hodnôt.

VÝBER OBCÍ

Ako už bolo uvedené v zmysle projektu sme vybrali dve skupiny obcí. Každá skupina zahŕňa v zmysle projektu najmenej 50 000 obyvateľov. Vybrali sme ich na základe chemického zloženia vôd. Prvá skupina obcí, ďalej ju budeme označovať „mäkká“ voda pozostávala z obcí zásobovaných pitnou vodou s nízkym obsahom Ca približne $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Mg približne $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a nízkou hodnotou celkovej tvrdosti vody približne $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ a menej. Druhá skupina obcí, ďalej ju budeme označovať „tvrdá“ voda pozostávala z obcí, ktoré mali vyšší až vysoký obsah Ca približne $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a viac, Mg približne $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a viac a hodnota celkovej tvrdosti vody je približne $2,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ a viac. Vybrali sme obce s najmenej 500 obyvateľmi. Jedinú výnimku predstavovala obec Devičie, ktorá má 302 obyvateľov. Táto obec bola zahrnutá do celku „mäkká“ voda z dôvodu, že v nej budeme rekarbonizovať pitnú vodu. Uvedené počty obyvateľov neboli náhodné. Z doterajších prác (napr. Rapant et al, 2010; Fajčíková et al., 2016) je zrejmé, že malé obce, pod 500 obyvateľov v dôsledku malého počtu obyvateľov vykazujú často nevyrovnané zdravotné indikátory (chyba malých čísiel). Na druhej strane veľké obce (mestá) s viac ako 10 000 obyvateľmi sú častokrát zásobované rôznymi pitnými vodami z viacerých zdrojov. Taktiež sa chceme vyhnúť skutočnosti, že keby sme vybrali 4 – 5 obcí s 10 000 obyvateľov a viac, nedokázali by sme získať potrebnú variabilitu zdravotných indikátorov. Obyvatelia obcí v rozpätí 500 – 5 000 obyvateľov vykazujú v zdravotných indikátoroch najvyrovnanejšie ukazovatele a sú najviac späté so životným prostredím (Rapant et al., 2010; Fajčíková et al., 2016). Preto sme vybrali takéto obce. V prípade skupine obcí „mäkká“ voda vzhľadom na skutočnosť, že tieto podzemné (pitné) vody pochádzajú z nízko zvodneného silikátového geologického podložia s nízkou výdatnosťou vodných zdrojov sme museli vybrať do tohto celku viac obcí. Obce s niekoľko tisíc obyvateľmi zásobovaných mäkkou pitnou vodou sa na Slovensku vyskytujú len vo veľmi obmedzenom počte.

Prehľad základných chemických parametrov vody pre skupinu obcí „mäkká“ voda je podaný v tabuľke 1 a pre skupinu obcí „tvrdá“ voda je v tabuľke 2. Na obrázku 1 je grafické znázornenie rozmiestnenia jednotlivých obcí. Prehľad hodnotených zdravotných indikátorov pre skupinu obcí „mäkká“ voda je podaný v tabuľke 3 a pre skupinu obcí „tvrdá“ voda je v tabuľke 4.

Tab. 1
Základné chemické parametre pre skupinu obcí „mäkká“ voda.

Obec	Okres	Geológia	Počet obyvateľov	pH	Vodivosť'	Ca	Mg	(Ca + Mg)
					[µS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]
Hiadeľ	Banská Bystrica	3	515	7,60	315,00	33,00	15,70	1,47
Šumiac	Brezno	2	1 334	7,74	86,00	11,00	2,50	0,38
Braváčovo		2	703	6,52	116,00	11,40	2,90	0,40
Bacúch		2	995	7,14	50,00	7,60	2,00	0,27
Pohorelá		2	2 332	7,96	62,00	8,10	2,30	0,30
Jasenie		2	1 188	7,74	186,00	30,20	5,90	1,00
Hronec		2	1 192	7,83	338,00	40,00	16,80	1,69
Čierny Balog		2	5 214	7,11	97,00	11,00	2,30	0,37
Látky		Detva	2	578	6,80	190,30	8,90	2,20
Detvianska Huta	2		708	6,11	53,80	5,40	3,00	0,26
Podkriváň	2		599	8,34	170,00	21,60	4,40	0,72
Stožok	6		952	7,36	150,00	13,00	4,10	0,49
Víglaš	6		1 697	8,19	167,00	24,70	3,00	0,74
Litava	Krupina	6	767	7,31	230,00	21,50	7,40	0,84
Krupina		6	8 007	7,20	185,00	21,60	7,70	0,86
Litava		6	767	7,31	250,00	21,50	7,40	0,84
Cerovo		6	603	7,37	185,00	26,40	11,60	1,14
Devičie		6	302	7,01	280,00	30,00	10,2	1,15
Pukanec	Levice	6	1 984	7,59	380,00	48,90	9,24	1,60
Prochot	Žiar n/Hronom	6	595	7,30	150,00	12,40	6,90	0,59
Dobroč	Lučenec	2	643	8,31	154,00	30,30	4,00	0,92
Divín		2	2 061	8,36	150,00	19,50	6,20	0,74
Rapovce		8	978	8,85	117,00	18,20	5,40	0,68
Kokava nad Rimavicou	Poltár	2	3 000	8,00	140,00	19,10	3,50	0,62
Kalinovo		8	2 229	8,60	126,00	17,60	2,00	0,52
Poltár		8	5 754	8,76	165,00	29,10	2,00	0,81
Útekáč		2	1 027	7,10	112,00	15,90	2,02	0,70
Rudník	Košice – okolie	1	631	7,16	186,00	17,80	7,70	0,76
Rakovec nad Ondavou	Michalovce	6	1 085	7,52	189,00	37,00	2,90	1,04
Poruba pod Vihorlatom		6	627	7,28	178,00	24,80	4,50	0,80
Čierna Lehota	Rožňava	2	617	6,50	113,00	19,70	3,90	0,65
Kluknava	Gelnica	1	1 623	8,03	220,00	20,60	7,20	0,81
Kojšov		1	741	7,40	215,00	20,80	8,10	0,85
Mníšek nad Hnilcom		1	1 717	7,20	198,00	21,20	6,50	0,80
Žakarovce		1	724	7,72	205,00	25,80	5,20	0,86
Smolník		1	1 183	7,60	100,00	14,20	3,50	0,50
aritmetický priemer				7,55	172,48	21,20	5,66	0,77
SLOVENSKÁ REPUBLIKA				7,33		93,56	28,29	3,50

Poznámka: 1 – paleozoikum, metasedimenty, metavulkanity; 2 – kryštalinikum, granitoidy a kryštalické bridlice; 3 – karbonátické mezozoikum a bazálny paleogén, vápence, dolomity, zlepenec; 6 – neovulkanity, andezity, bazalty a ich pyroklastiká; 8 – kvartér, štrky, piesky, hliny, úlomky hornín; počet obyvateľov spolu „mäkká“ voda 52 676 (31. 12. 2018), počet obyvateľov Slovenskej republiky 5,5 mil.

Tab. 2.
Základné chemické parametre pre skupinu obcí „tvrdá „ voda.

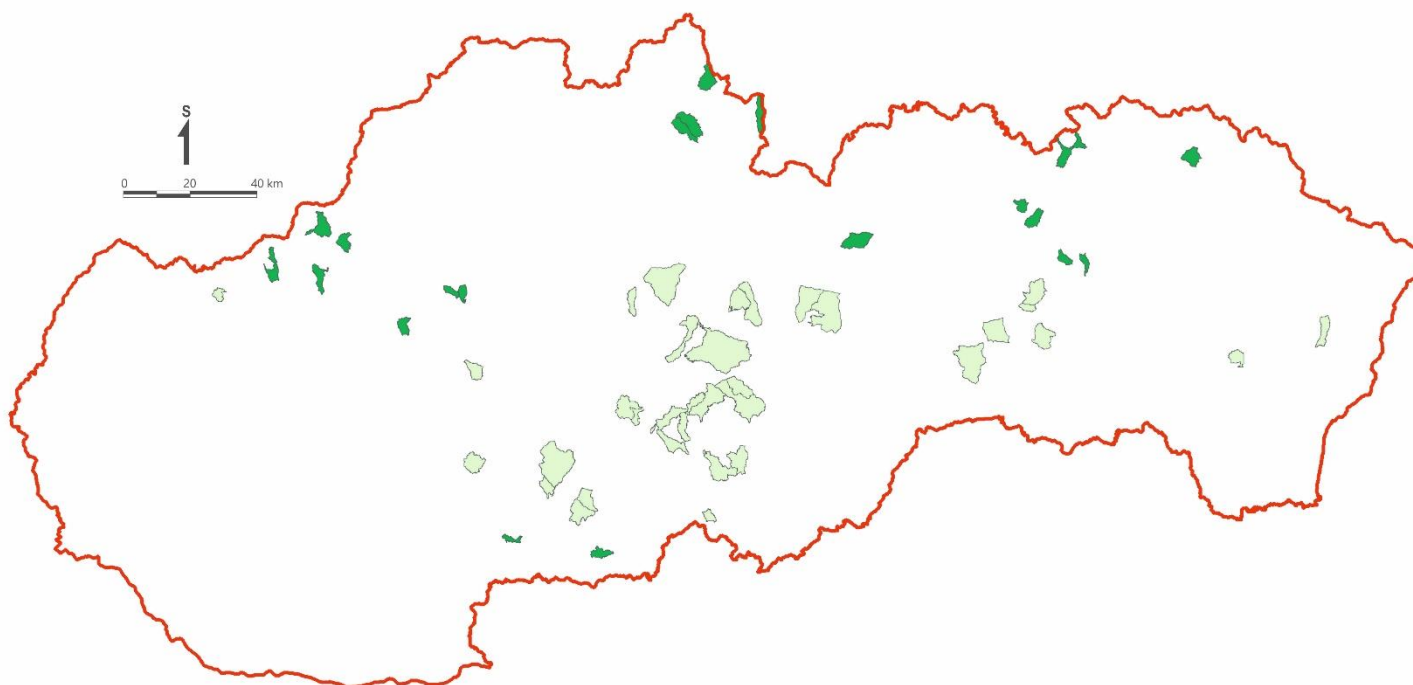
Obec	Okres	Geológia	Počet obyvateľov	pH	Vodivosť'	Ca	Mg	(Ca + Mg)
					[μS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]
Nižná	Tvrdošín	5	4 024	7,71	426,30	63,40	14,33	2,17
Suchá Hora		5	1 386	7,80	396,50	55,09	16,60	2,06
Podbiel		5	1 268	7,59	315,00	42,30	12,80	1,58
Bobrov	Námestovo	5	1 685	7,92	318,00	42,80	12,60	1,59
Bošáca	Nové mesto na/Váhom	5	1 384	7,43	568,00	78,00	35,60	3,41
Kanianka	Prievidza	8	4 125	7,94	522,00	86,60	33,10	3,52
Lazany		8	1 600	7,90	515,00	60,90	27,20	2,64
Dolné Vestenice		3	2 575	7,33	598,00	88,10	27,60	3,33
Trenčianska Turná	Trenčín	8	3 133	7,44	429,50	62,40	23,70	2,54
Trenčianska Teplá		3	4 140	7,48	636,80	91,40	38,00	3,84
Dolná Súča		5	2 996	7,44	660,70	88,20	34,00	3,60
Dudince	Krupina	7	1 453	7,45	620,00	96,80	21,30	3,29
Nenince	Veľký Krtíš	8	1 394	6,96	996,00	82,60	37,50	3,60
Spišská Teplica	Poprad	3	2 236	7,55	551,00	73,70	31,10	3,12
Svidník	Svidník	5	11 289	7,91	381,00	60,18	21,50	2,38
Gerlachov	Bardejov	5	1 042	7,85	461,00	78,60	19,00	2,74
Malcov		5	1 572	8,15	400,70	38,50	28,20	2,12
Torysa	Sabinov	5	1 522	8,13	629,00	80,40	36,80	3,52
Dubovica		5	1 479	7,84	763,50	76,20	35,60	3,37
Chminianska Nová Ves	Prešov	5	1 304	7,94	571,20	63,50	28,40	2,75
Župčany		5	1 511	7,63	631,00	62,80	20,10	2,39
aritmetický priemer				7,69	542,39	70,12	26,43	2,84
SLOVENSKÁ REPUBLIKA				7,33		93,56	28,29	3,50

Poznámka: 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén, vápence, dolomity, zlepenec; 5 – flyšový paleogén, pieskovce, bridlice, ilovce; 7 – sedimentárny neogén; 8 – kvartér, štrky, piesky, hliny, úlomky hornín; počet obyvateľov spolu „tvrdá“ voda 53 118 (31. 12. 2018), počet obyvateľov Slovenskej republiky 5,5 mil.



Rozmiestnenie skupiny obcí "mäkká" a "tvrdá" voda

Obr. 1



skupina obcí s „mäkkou“ vodou



Hiadeľ, Šumiac, Bravčovo, Bacúch, Pohorelá, Jasenie, Hronec, Čierny Balog, Látky, Detvianska Huta, Podkriváň, Stožok, Víglaš, Litava, Krupina, Litava, Cerovo, Devičie, Pukanec, Prochot, Dobroč, Divín, Rapovce, Kokava nad Rimavicou, Kalinovo, Poltár, Utekáč, Rudník, Rakovec nad Ondavou, Poruba pod Vihorlatom, Čierna Lehota, Kluknava, Kojšov, Mníšek nad Hnilcom, Žakarovce, Smolník

skupina obcí s „tvrdou“ vodou



Nižná, Suchá Hora, Podbiel, Bobrov, Bošáca, Kanianka, Lazany, Dolné Vestenice, Trenčianska Turná, Trenčianska Teplá, Dolná Súča, Dudince, Nenince, Spišská Teplica, Svidník, Gerlachov, Malcov, Torysa, Dubovica, Chminianska Nová Ves, Župčany

Zlepšenie zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky prostredníctvom rekarbonizácie pitných vôd

Tab. 3
Základné zdravotné indikátory pre skupinu obcí „mäkká“ voda.

Obec	Okres	Geológia	Počet obyvateľov	DOZ ₀₁₅	ReC ₁₅	ReE ₁₅	Rel ₁₅	ReJ ₁₅	ReK ₁₅
Hiadef	Banská	3	515	68,86	221,08	24,56	970,28	61,41	73,69
Šumiac	Brezno	2	1 334	64,03	258,53	41,55	937,17	166,20	129,26
Braváčovo		2	703	65,20	327,54	0,00	764,26	63,69	136,48
Bacúch		2	995	69,95	315,96	0,00	1 023,70	132,70	75,83
Pohorelá		2	2 332	69,75	268,66	15,07	805,99	115,50	47,71
Jasenie		2	1 188	69,87	276,98	5,89	724,85	88,40	70,72
Hronec		2	1 192	66,70	402,51	51,75	1 615,78	247,25	86,25
Čierny Balog		2	5 214	70,06	246,17	9,12	622,59	82,06	80,75
Látky		2	578	68,59	331,13	10,68	1 121,56	106,81	64,09
Detvianska Huta	Detva	2	708	67,93	328,75	17,30	882,43	181,68	147,07
Podkriváň		2	599	69,43	342,50	20,76	1 255,84	207,58	114,17
Stožok		6	952	70,62	316,63	0,00	661,20	102,44	65,19
Víglaš		6	1 697	70,64	310,51	20,43	514,79	130,74	126,65
Litava	Krupina	6	767	65,91	287,76	16,44	781,06	90,44	98,66
Krupina		6	8 007	70,57	220,88	24,36	703,80	59,63	52,07
Cerovo		6	603	65,97	242,53	44,10	937,05	99,22	121,27
Devíčie		6	302	68,43	213,52	0,00	806,64	94,90	94,90
Pukanec	Levice	6	1 984	71,29	272,62	9,29	675,36	71,25	105,33
Prochot	Žiar n/Hronom	6	595	69,66	331,02	10,34	765,49	93,10	165,51
Dobroč	Lučenec	2	643	70,60	259,09	9,60	1 026,77	47,98	95,96
Divín		2	2 061	68,99	285,02	6,48	719,03	97,17	77,73
Rapovce		8	978	69,66	266,71	7,21	655,95	36,04	36,04
Kokava nad Rimavicou	Poltár	2	3 000	71,83	254,04	8,61	822,39	58,13	36,60
Poltár		8	5 754	72,00	191,68	10,03	505,95	33,43	25,63
Utekáč		2	1 027	70,18	339,97	10,97	729,29	98,70	54,83
Rudník	Košice – okolie	1	631	69,58	325,97	0,00	1 062,04	94,64	73,61
Rakovec nad Ondavou	Michalovce	6	1 085	67,20	284,59	18,97	1 113,08	101,19	75,89
Poruba pod Vihorlatom		6	627	70,88	336,81	32,59	782,27	43,46	65,19
Čierna Lehota	Rožňava	2	617	72,14	268,88	11,20	1 008,29	22,41	89,63
Kluknava	Gelnica	1	1 623	71,81	249,01	35,57	762,85	90,91	55,34
Kojšov		1	741	72,56	221,22	17,70	778,69	123,88	106,19
Mníšek nad Hnilcom		1	1 717	69,68	222,60	15,90	632,03	91,43	43,73
Žakarovce		1	724	70,43	308,78	9,08	1 080,74	190,72	54,49
Smolník		1	1 183	68,52	276,21	58,43	733,03	106,24	63,74
Aritmetický priemer				69,40	282,53	16,88	852,42	100,92	82,65
Bayesovský priemer				70,00	260,92	16,91	761,39	87,51	69,24
SLOVENSKÁ REPUBLIKA				72,65	214,10	14,21	531,24	57,47	48,26

Poznámka: DOZ₀₁₅ – roky; ReC₁₅, ReE₁₅, Rel₁₅, ReJ₁₅, ReK₁₅ – na 100 000 – štandard SR %; DOZ₀₁₅ – očakávané dožiadanie pri narodení, vypočítané z 15 rokov 1994 – 2008; ReC₁₅ – relatívna úmrtnosť na zhubné nádory (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReE₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby žliaz s vnútorným vylučovaním (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; Rel₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby obehovej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReJ₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby dýchacej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReK₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby tráviacej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; 1 – paleozoikum, metasedimenty, metavulkanity; 2 – kryštalinikum, granitoidy a kryštalické bridlice; 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén, vápence, dolomity, zlepenice; 6 – neovulkanity, andezity, bazalty a ich pyroklastiká; 8 – kvartér, štrky, piesky, hliny, úlomky hornín; počet obyvateľov spolu „mäkká“ voda 52 676 (31. 12. 2018), počet obyvateľov Slovenskej republiky 5,5 mil.

Tab. 4
Základné zdravotné indikátory pre skupinu obcí „tvrdá“ voda.

Obec	Okres	Geológia	počet	DOZ ₀₁₅	ReC ₁₅	ReE ₁₅	ReI ₁₅	ReJ ₁₅	ReK ₁₅
Nižná	Tvrdošín	5	4 024	76,20	199,48	9,89	337,96	31,32	34,62
Suchá Hora	Tvrdošín	5	1 386	75,12	128,91	5,37	306,17	42,97	48,34
Podbiel	Tvrdošín	5	1 268	73,71	189,61	0,00	379,22	54,17	43,34
Bobrov	Námestovo	5	1 685	73,56	150,78	17,74	434,59	39,91	13,30
Bošáca	Nové mesto	5	1 384	74,72	237,17	4,94	642,32	44,47	44,47
Kanianka	Prievidza	8	4 125	76,80	131,07	17,25	410,47	32,77	25,87
Lazany	Prievidza	8	1 600	76,08	175,86	22,55	532,08	67,64	27,06
Dolné Vestenice	Prievidza	3	2 575	74,63	128,77	7,43	287,26	9,91	22,29
Trenčianska Turná	Trenčín	8	3 133	77,09	214,96	7,50	454,91	32,49	27,49
Trenčianska Teplá	Trenčín	3	4 140	75,80	242,07	14,03	642,00	36,84	33,33
Dolná Súča	Trenčín	5	2 996	73,96	125,34	20,89	601,17	53,39	20,89
Dudince	Krupina	7	1 453	73,83	190,92	8,68	525,04	65,09	60,75
Nenince	Veľký Krtíš	8	1 394	74,33	258,27	9,57	454,37	38,26	76,53
Spišská Teplica	Poprad	3	2 236	73,72	148,94	10,90	468,63	54,49	39,96
Svidník	Svidník	5	11 289	73,01	118,26	8,48	313,41	30,76	22,27
Gerlachov	Bardejov	5	1 042	74,10	177,00	20,42	422,08	34,04	40,85
Malcov	Bardejov	5	1 572	72,60	154,44	9,36	631,79	32,76	28,08
Torysa	Sabinov	5	1 522	73,85	136,61	14,13	504,05	56,53	9,42
Dubovica	Sabinov	5	1 479	75,13	132,38	13,69	488,43	54,78	27,39
Chminianska Nová Ves	Prešov	5	1 304	75,06	176,86	17,12	353,72	79,87	57,05
Župčany	Prešov	5	1 511	74,97	175,58	27,43	367,63	60,36	16,46
aritmetický priemer				74,68	171,11	12,73	455,11	45,37	34,27
Bayesovský priemer				74,58	160,92	11,85	427,10	39,55	30,28
Slovenská republika				72,65	214,10	14,21	531,24	57,47	48,26

Poznámka: DOZ₀₁₅ – roky; ReC₁₅, ReE₁₅, ReI₁₅, ReJ₁₅, ReK₁₅ – na 100 000 – štandard SR %; DOZ₀₁₅ – očakávané dožítie pri narodení, vypočítané z 15 rokov 1994 – 2008; ReC₁₅ – relatívna úmrtnosť na zhubné nádory (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReE₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby žliaz s vnútorným vylučovaním (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReI₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby obehovej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReJ₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby dýchacej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; ReK₁₅ – relatívna úmrtnosť na choroby tráviacej sústavy (počet úmrtí na 100 000 živých), počítaná z rokov 1994 – 2008; 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén, vápence, dolomity, zlepenice; 5 – flyšový paleogén, pieskovce, bridlice, ilovce; 7 – sedimentárny neogén; 8 – kvartér, štrky, piesky, hlíny, úlomky hornín; počet obyvateľov spolu „tvrdá“ voda 53 118 (31. 12. 2018); počet obyvateľov Slovenskej republiky 5,5 mil..

Z uvedených tabuliek je na prvý pohľad zrejmé, že existujú zásadné rozdiely medzi porovnávanými celkami, a to ako v obsahoch chemických parametrov tak aj v hodnotách zdravotných indikátorov. Pre skupinu obcí „mäkká“ voda je priemerná hodnota obsahu Ca 21,20 mg . l⁻¹, Mg 5,66 mg . l⁻¹ a (Ca + Mg) 0,77 mmol . l⁻¹. V skupine obcí „tvrdá“ voda sú tieto hodnoty takmer trojnásobné, pre Ca 70,12 mg . l⁻¹, Mg 20,10 mg . l⁻¹ a (Ca + Mg) 2,39 mg . l⁻¹. Rovnako vidíme oveľa priaznivejšie hodnoty zdravotných indikátorov pre skupinu obcí „tvrdá“ voda. Napríklad dožítie obyvateľov (DOZ) je viac než o 4,5 roka vyššie. Indikátory relatívnej úmrtnosti pre hlavné príčiny úmrtí sú približne o 60 – 100 % priaznivejšie v porovnaní so skupinou obcí „mäkká“ voda. Napríklad relatívna úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia (najčastejšia príčina úmrtí na Slovensku) je v skupine obcí „mäkká“ voda viac než o 78 % vyššia ako u obyvateľov zásobovaných tvrdou vodou. Najväčšie rozdiely v zdravotných indikátoroch u hodnotených dvoch skupín obcí pozorujeme v prípade tráviacej a dýchacej sústavy. Podrobná charakteristika zdravotného stavu obyvateľov oboch skupín je podaná v samostatnej stručnej správe.

PREHĽAD REGULOVANÝCH HODNÔT OBSAHU Ca, Mg A TVRDOSTI VODY V KRAJINÁCH EÚ

Stanovenie limitných alebo optimálnych hodnôt Ca, Mg, resp. (Ca + Mg) voči ľudskému zdraviu je veľmi komplikovaná záležitosť. V krajinách Európskej únie ani v ostatných krajinách sveta neexistujú záväzné normované limitné hodnoty pre uvedené komponenty. Taktiež ani v žiadnej svetovej literatúre neexistujú žiadne záväzné postupy a metodika stanovenia limitných hodnôt pre uvedené parametre. Taktiež, keďže WHO doteraz nepovažuje tieto prvky za škodlivé voči ľudskému zdraviu neexistujú vo svetových databázach (napr. IRIS) príslušné referenčné hodnoty, ktoré by sa dali využiť pre výpočet zdravotného rizika. Len v niektorých krajinách, prevažne strednej a východnej Európy sú tieto tri parametre regulované v norme pre pitnú vodu ako odporúčané hodnoty. V tabuľke 5 je uvedený prehľad ako jednotlivé krajiny limitujú uvedené prvky. Podotýkame, že tieto limitné hodnoty sú len odporúčané alebo indikatívne, resp. informačné, nie sú dané ako najvyššia medzná hodnota a preto sa takéto vody bežne používajú na zásobovanie obyvateľov. V tabuľke 5 je uvedený prehľad ako jednotlivé krajiny Európskej únie udávajú informáciu pre obsah Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode. Z 28 členských krajín EÚ v 11 krajinách (Malta, Francúzsko, Estónsko, Chorvátsko, Lotyšsko, Írsko, Cyprus, Grécko, Litva, Slovinsko, Španielsko) obsah Ca, Mg a (Ca + Mg) v norme pre pitnú vodu vôbec nie sú hodnotené. V ostatných krajinách (tab. 5) sú tieto hodnoty takmer výhradne nezáväzné a majú len indikačný, resp. informatívny charakter.

Tab. 5

Prehľad odporúčaných a indikačných, resp. informatívnych limitných hodnôt pre Ca, Mg, Ca + Mg v krajinách Európskej únie.

Krajina	Ca		Mg		(Ca + Mg)	
	[mg . l ⁻¹]		[mg . l ⁻¹]		[mmol . l ⁻¹]	
	minimálny	maximálny	minimálny	maximálny	minimálny	maximálny
Rakúsko	–	400	–	150	1,5	–
Belgicko	–	270	–	50	1,5	–
Bulharsko	–	150	–	80	–	6
Česká republika	40	80	20	30	2,0	3,5
Dánsko	–	–	–	–	0,9	–
Fínsko	10	–	–	–	–	–
Nemecko	–	–	–	–	1,5	2,5
Maďarsko	–	–	–	–	0,9	6,25
Taliansko	–	–	–	–	1,5	5,0
Luxembursko	–	–	–	–	1,5	–
Holandsko	–	–	–	–	1,0	–
Poľsko	7	125	–	–	0,6	5,0
Portugalsko	–	100	–	50	1,5	5,0
Rumunsko	–	–	–	–	0,9	–
Slovensko	30	–	10	125	1,1	5
Švédsko	20	60	–	–	–	–
UK	–	–	–	–	1,5	–

V zmysle DWD (Drinking Water Directive) revision 2018 (revízia normovaných hodnôt pre pitnú vodu) WHO odporúča v prípade, že pitná voda je upravovaná reverznou osmózou, teda demineralizáciou, by mali členské krajiny podľa možnosti pridávať Ca a Mg za účelom zníženia korózných vlastností a zlepšenia chuti vody. Zdravotné aspekty v revízii z roku 2018 sú ignorované. V zmysle DWD revision 2019 je stanovisko rady EÚ



nasledovné. Pridala nový **článok 7a**: *Bezpečná voda určená pre ľudskú spotrebu znamená nie len absenciu škodlivých mikroorganizmov a látok, ale aj prítomnosť určitých množstiev prírodných minerálnych látok a esenciálnych prvkov, pričom sa berie do úvahy, že dlhodobá konzumácia demineralizovanej vody alebo vody s nízkym obsahom esenciálnych prvkov ako Ca a Mg môže ohroziť ľudské zdravie. V prílohe 1, časť C – Indikatívne parametre* tejto revízie pridáva nasledovný článok pre pitnú vodu získanú demineralizáciou. *Ak voda určená pre ľudskú spotrebu pochádza z úpravy, ktorá výrazne demineralizuje alebo zmäkčuje vodu, na úpravu vody by sa mali pridať soli Ca a Mg s cieľom znížiť možné negatívne vplyvy na zdravie ľudí, ako aj agresivitu, koróziu a na zlepšenie chuti. Minimálny obsah Ca a Mg v demineralizovanej vode by sa mal stanoviť s prihliadnutím na vlastnosti vody, ktorá vstupuje do týchto procesov.*

Väčšina autorov uvádza ako najpriaznivejší obsah pre Ca 40 – 80 mg . l⁻¹, pre Mg 20 – 30 mg . l⁻¹ a pre (Ca + Mg) 2 – 4 mmol . l⁻¹ (napr. Rylander et al.; 1991; Kožíšek, 2003; Rosborg ed, 2015; Rapant et al., 2015). Niektorí autori vo svetovej literatúre pripisujú väčší význam pre ľudské zdravie Mg ako Ca (napr. Catling et al., 2005). Vápnik je extracelulárny kation. Viac ako 99 % jeho obsahu v ľudskom tele je uložený v tvrdých tkanivách (kosti, zuby) a v bunkách sa nachádzajú len jeho minimálne koncentrácie (10⁻⁵ – 10⁻⁴ mmol . l⁻¹). Horčík je druhý hlavný intracelulárny kation. Z jeho celkového obsahu v ľudskom tele je približne len 60 % uložených v tvrdých tkanivách. Vzhľadom na skutočnosť, že Mg je hlavný intracelulárny kation a Ca je extracelulárny kation, prikladáme jeho obsahu v pitnej vode vyššiu dôležitosť. Vďaka menšiemu iónovému polomeru ľahšie prestupuje cez membrány buniek a je dôležitým kofaktorom približne 350 bunkových enzýmov (Alon et al., 2006; Parikh a Webb, 2012). Keďže obsah Ca a Mg ide v slovenskej podzemnej vode spoločne (aj pri vysokom aj pri nízkom obsahu), nedokážeme sa vyjadriť o rozdielnych zdravotných účinkoch Ca a Mg. Veľmi „tvrdá“ voda z technologického hľadiska je nepriaznivá, tvorí inkrusty. Ako ďalší nepriaznivý účinok tvrdej vody je možné uviesť senzorické vlastnosti – tvorba povlakov na hladine kávy alebo čaju a strata anorganických látok z jedál a nápojov viazaním na uhličitán vápenatý. Naopak „mäkká“ voda má spravidla nízke pH a korozívne vlastnosti.

VÝPOČET ZDRAVOTNÉHO RIZIKA

Zdravotné riziko predstavuje možnosť alebo pravdepodobnosť poškodenia zdravia, choroby alebo smrti človeka ako dôsledok pôsobenia rôznych rizikových faktorov vyskytujúcich sa v životnom prostredí. V našom prípade zdravotné riziko predstavuje nízky/deficitný obsah Ca, Mg, resp. tvrdosti v pitnej vode.

Metodika hodnotenia zdravotného rizika bola sformulovaná v 80. rokoch 20. storočia agentúrou USA pre ochranu životného prostredia US EPA (United States Environmental Protection Agency) – tzv. metóda Risk Assessment (US EPA 1989a). Jej hlavné princípy platia s niekoľkými úpravami dodnes (US EPA 1997, 2004, 2005, 2008, 2009; Lynn, 2001 a i.) a stali sa podkladom pre legislatívne spracovanie postupov hodnotenia zdravotných rizík v rámci Európskej únie (Commission Regulation (EC) No. 1488/94; Commission Directive 93/67/EEC) ako aj na Slovensku (Metodický pokyn MŽP SR, č. 623/98-2; Odborné usmernenie MZ SR, 2001).

V súčasnosti platné metodické postupy na výpočet zdravotného rizika sa zaoberajú len so zvýšeným obsahom zdraviu škodlivých látok/prvkov. Hodnotia možné nepriaznivé účinky rôznych látok/prvkov, ktoré sa vyskytujú v obsahoch nad limitnú, resp. referenčnú dávku. Nehodnotia zdravotné riziko pre deficitný obsah rôznych, hlavne biogénnych a esenciálnych prvkov, potrebných pre zdravý vývoj človeka. Klasickým príkladom takýchto prvkov je napríklad deficitný obsah jódu, fluóru alebo viacerých stopových prvkov (Se, Zn, Cu), či esenciálnych makroprvkov (napr. Ca a Mg). Takéto deficitné prvky sa v súčasnosti napr. pridávajú do potravy (napr. jód do kuchynskej soli, fluór do zubných pást) alebo sú k dispozícii vo forme rôznych výživových doplnkov (Zn, Se, Fe, a iné). Medzi takéto dôležité biogénne prvky patrí aj Ca a Mg, ktorých nízky (deficitný) obsah v pitnej vode je vo svetovej literatúre mnohokrát spájaný so zvýšenou incidenciou/mortalitou, najmä na kardiovaskulárne a onkologické ochorenia (Yang, et al., 2000; Kožišek, 2004; Rosborg, 2015; Rapant et al., 2017).

Cieľom predmetnej rizikovej analýzy je výpočtom (odhadom) zdravotného rizika potvrdiť, či dôjde pri nami navrhovanom limitnom obsahu Ca a Mg najmenej k 10 % zníženiu zdravotného rizika u ľudí, ktorí začnú piť rekarbonizovanú pitnú vodu.

Pri rizikovej analýze vychádzame z metodických postupov US EPA a podľa potreby ich modifikujeme. Zdravotné riziko počítame a vyjadrujeme dvomi spôsobmi, a to pomocou koeficientu nebezpečenstva (Hazard Quocient – *HQ*) a pomocou celoživotného rizika vzniku ochorení (Exces Lifetime Health Risk – *ELHR*) vyjadrujúce počet prípadov vzniku ochorení na počet obyvateľov. Metodické postupy zavedené US EPA podľa potreby čiastočne modifikujeme, keďže sa jedná o výpočet rizika z nie nadlimitného obsahu ale o riziko z podlimitného (deficitného) obsahu. Pri výpočtoch zdravotného rizika používame vstupné expozičné dáta v zmysle US EPA ako telesná hmotnosť, doba expozície, jej frekvencia, denný príjem vody, trvanie expozície a podobne.

Vstupné expozičné údaje na odhad zdravotného rizika a z obsahu Ca a Mg v pitnej vode sú zosumarizované v tabuľke 6.

Tab. 6
Vstupné expozičné údaje na odhad zdravotného rizika z deficitného obsahu Ca a Mg pitnej vody pre dospelú populáciu.

Analyzovaná zložka prostredia	Parameter		Hodnota	Jednotka	Zdroj
Pitná voda	BW	Telesná hmotnosť	70	kg	US EPA, 1991
	AT	Spriemerovaná doba expozície	25 550	deň	US EPA, 1989a
	CW	Koncentrácia prvku vo vode	Miestne špecifická	mg . l ⁻¹	
	IR	Denný príjem vody	2	l. deň ⁻¹	US EPA, 1989b
	EF	Frekvencia expozície	365	deň . rok ⁻¹	US EPA, 1989a
	ED	Trvanie expozície	70	rok	US EPA, 1989a

Najjednoduchšou cestou pre stanovenie limitných hodnôt je použitie normovaných hodnôt z normy pre pitnú vodu. Slovenská norma pre pitnú vodu (Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.) udáva ako normované hodnoty pre Ca 30 mg . l⁻¹, pre Mg 10 mg . l⁻¹ a pre (Ca + Mg) 1,1 mmol . l⁻¹. Tieto hodnoty však slúžia len ako odporúčané a preto ich považujeme len za orientačné. V ďalšom kroku sme pristúpili k stanoveniu limitných hodnôt na základe

konkrétneho obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) v jednotlivých obciach skupiny obcí „mäkká“ voda a konkrétnych hodnôt štyroch hlavných príčin úmrtí v jednotlivých obciach skupiny „mäkká“ voda (ReC₁₅, ReI₁₅, ReJ₁₅, ReK₁₅).

Stanovenie priemernej dennej chýbajúcej, potrebnej a prijatej dávky

Stanovenie priemernej dennej chýbajúcej, potrebnej a prijatej dávky podávame na príklade obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode pre skupinu obyvateľov „mäkká“ voda. Základom na výpočet zdravotného rizika je stanovenie referenčnej dávky (Reference Dose – *RfD*), t. j. stanovenie úrovne dennej expozície rizikovej látky, pri ktorej počas celoživotnej expozície nedôjde k prejavom škodlivých účinkov na človeka. Z hľadiska ľudského zdravia sa Ca a Mg doposiaľ nepovažujú za nebezpečné prvky, a preto nie sú vo svetových databázach (*IRIS* – Integrated Risk Information System, resp. *RAIS* – Risk Assessment Information System) definované referenčné, resp. najvyššie prípustné denné dávky (najvyššia úroveň expozície bez pozorovaných nepriaznivých účinkov – *NOAEL*), resp. najnižšie potrebné dávky. Taktiež nie sú definované ani faktory smernice rakoviny. Na základe *RfD* sa následne v zmysle metodiky US EPA počíta priemerná denná dávka (*Average Daily Dose* – *ADD*), resp. celoživotná priemerná denná dávka (*Lifetime Average Daily Dose* – *LAAD*). V našom prípade však riziko nepredstavuje nadbytok škodlivého prvku ale nedostatok potrebného biogénneho prvku. Preto na výpočet rizikovej analýzy pre deficitné biogénne prvky je navrhnuté definovať a vypočítať nasledovné priemerné denné dávky:

1. priemerná denná chýbajúca dávka (*Average Daily Missing Dose* – *ADMD*),
2. priemerná denná potrebná dávka (*Average Daily Necessary Dose* – *ADND*),
3. priemerná denná prijatá dávka (*Average Daily Accepted Dose* – *ADAD*).

Tieto dávky sú potrebné na výpočet hazard quotientu pre deficitné biogénne prvky HQ_d.

Na stanovenie *ADMD*, *ADND* a *ADAD* používame expozičné údaje zavedené US EPA (tab. 6).

Stanovenie uvedených troch dávok je možné doma spôsobmi. Prvý, jednoduchý spôsob je použitie potrebnej minimálnej koncentrácie (MNC) z príslušnej normy pre pitnú vodu (ak existuje). Slovenská norma pre pitnú vodu (Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.) reguluje naše hodnotené parametre nasledovne (tab. 8):

Tab. 7
Odporúčané limitné hodnoty slovenskej normy pre pitnú vodu.

Parameter	Jednotka	Odporúčaná limitná hodnota	
		minimálna	maximálna
Ca	mg . l ⁻¹	30	–
Mg		10	30
(Ca + Mg)	mmol . l ⁻¹	1,1	5,0

Druhý, oveľa komplikovanejší spôsob, no možno oveľa dôležitejší a objektívnejší spôsob je odvodenie uvedených troch dávok pomocou reálnych hodnôt obsahu chemického prvku v pitnej vode a reálnych hodnôt o zdravotnom stave obyvateľov.



Stanovenie ADMD, ADND a ADAD na základe normovaných hodnôt

Príklad výpočtu uvedených troch dávok podávame na príklade Mg, pre ktorý je odporúčaná minimálna potrebná koncentrácia v slovenskej norme pre pitnú vodu $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Táto koncentrácia ($10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) nám predstavuje minimálne potrebnú koncentráciu – MNC potrebnú pre zdravý vývoj človeka a pri ktorej nie je zdravotné riziko z deficitného obsahu biogénneho prvku.

Na výpočet ADND používame vzorec definovaný US EPA na výpočet priemernej dennej dávky – ADD:

$$\text{ADD} = (\text{CW} \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

V ktorom namiesto CW koncentrácie použijeme koncentráciu MNC.

$$\text{ADND} = (\text{MNC} \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADND} = (10 \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADND} = 0,2857 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Hodnota ADND predstavuje vlastne referenčnú dávku na výpočet rizikovej analýzy z deficitného obsahu biogénnych prvkov ($\text{ADND} \sim \text{RfD}$) a následne túto hodnotu v ďalšom použijeme na výpočet zdravotného rizika a dosadíme ju do vzorca na výpočet Hazard Quocientu (HQ_d) pre deficitné biogénne prvky.

Priemerná denná potrebná dávka (ADND) pre MNC Mg $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ je teda $0,2857 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$. Táto dávka nám predstavuje referenčnú dávku pre Mg potrebnú pre zdravý vývoj človeka.

Na výpočet priemernej dennej chýbajúcej dávky (ADMD) opäť používame vzorec definovaný US EPA na výpočet ADD. Miesto CW koncentrácie dosadíme do vzorca rozdiel minimálnej potrebnej koncentrácie (MNC) a reálnej koncentrácie (CW). Minimálne potrebná koncentrácia predstavuje odporúčanú hodnotu z normy pre pitnú vodu – pre Mg ($10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a CW koncentrácia predstavuje priemernú hodnotu Mg v pitnej vode v skupine obcí „mäkká“ voda – $5,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Výpočet ADMD je nasledovný:

$$\text{ADMD} = ((\text{MNC} - \text{CW}) \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADMD} = ((10 - 5,6) \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADMD} = 0,1257 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Chýbajúca priemerná denná dávka pre Mg z pitnej vody je teda $0,1257 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$.

Priemerná denná prijatá dávka (ADAD) predstavuje dávku prvku, ktorú človek denne prijme z pitnej vody, ktorú reálne pije. V našom prípade je koncentrácia Mg v skupine obcí „mäkká“ voda $5,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, čo predstavuje CW koncentráciu. Priemerná denná prijatá dávka sa opäť počíta podľa vzorca definovaného US EPA na výpočet ADD.

Výpočet pre ADAD je nasledovný:

$$\text{ADAD} = (\text{CW} \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADAD} = (5,6 \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADAD} = 0,16 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Jedná sa teda o dávku Mg, ktorú človek denne prijme z konzumácie reálnej pitnej vody. Túto hodnotu potom dosadíme do vzorca na výpočet hazard quocientu (HQ_d) na určenie zdravotného rizika z deficitného obsahu Mg



v pitnej vode. Túto hodnotu v ďalšom použijeme na výpočet zdravotného rizika a dosadíme ju do vzorca na výpočet Hazard Quocientu (HQ_d).

Keďže normovaná hodnota Ca, Mg a (Ca + Mg) je v slovenskej norme uvedená len ako odporúčaná a v žiadnych európskych alebo svetových normách neexistuje záväzná limitná hodnota pre Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode nižšie uvádzame postup ako je možné odvodiť uvedené dávky pre Ca, Mg a (Ca + Mg) na základe reálnych dát obsahu uvedených prvkov v pitnej vode a reálnych dát o zdravotnom stave obyvateľstva.

Stanovenie ADMD, ADND a ADAD na základe reálnych dát

Na odvodenie uvedených troch dávok používame reálne hodnoty obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) v skupine obcí „mäkká“ voda (tab. 1) a reálne hodnoty o zdravotnom stave (tab. 2). Skupina „mäkká“ voda ako je zrejmé z vyššie uvedeného sa vyznačuje nízkym obsahom Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode, ktorý sa odráža na zhoršenom zdravotnom stave obyvateľov v porovnaní s obyvateľmi, ktorí sú zásobovaní pitnou vodou so zvýšenou tvrdosťou vody.

Za základ na výpočet sme zobrali obyvateľov skupiny „mäkká“ voda a štyri hlavné príčiny úmrtí a to: ReC, ReI, ReJ a ReK. Pre porovnanie sme použili celoslovenské priemerné hodnoty uvedených štyroch zdravotných indikátorov. Uvedené štyri hlavné príčiny úmrtí sa na celoslovenskej úmrtnosti podieľajú približne 87 % a to: ReC približne 25 %, ReI približne 50 %, ReJ približne 6 % a ReK približne 7 % (NCZI, 2013, 2015). Ostatné príčiny úmrtí s výnimkou náhodných príčin úmrtí (nehody, samovraždy apod.) sa podieľajú len nepodstatne a preto s nimi nebudeme uvažovať.

Zdravotný stav obyvateľov je v zmysle základnej deklarácie WHO determinujúco určený štyrmi hlavnými faktormi a to: životným štýlom, úrovňou zdravotnej starostlivosti, genetickými faktormi a životným prostredím.

Vplyv prvých faktorov možno v našom prípade považovať za nemenný. Nemusíme s nimi uvažovať. Budeme uvažovať len s vplyvom životného prostredia, t. j. obsahom Ca a Mg. Pri ich zvýšení sa dá predpokladať zlepšenie zdravotného stavu a znižujúce sa zdravotné riziko. Preto sme v prvom kroku vypočítali obsah Ca, Mg a (Ca + Mg) aký by mal byť v pitnej vode, aby sme dosiahli celoslovenské priemerné hodnoty zdravotných indikátorov (trojčlenkou). V druhom kroku sme prepočítali koncentráciu Ca, Mg a (Ca + Mg) podľa váhy (podľa %) príčin úmrtí a dostali sme tzv. limitnú hodnotu pre Ca, Mg a (Ca + Mg), pri ktorých by mal zdravotný stav obyvateľov dosiahnuť celoslovenskú priemernú hodnotu (tab. 8).



Zlepšenie zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky prostredníctvom rekarbonizácie pitných vôd

Tab. 8

Limitné a minimálne potrebné koncentrácie pre Ca, Mg a (Ca + Mg) odvodené na základe zdravotných indikátorov (ReC₁₅, ReI₁₅, ReJ₁₅, ReK₁₅) pre skupinu obcí „mäkká“ voda.

Obec	Ca _{ReC}	Ca _{ReI}	Ca _{ReJ}	Ca _{ReK}	Mg _{ReC}	Mg _{ReI}	Mg _{ReJ}	Mg _{ReK}	(Ca + Mg) _{ReC}	(Ca + Mg) _{ReI}	(Ca + Mg) _{ReJ}	(Ca + Mg) _{ReK}	Ca		Mg		(Ca + Mg)	
													LH	MNC	LH	MNC	LH	MNC
Hiadef	34,29	60,29	34,89	53,06	16,31	28,69	16,60	25,24	1,53	2,68	1,55	2,36	43,21	54,01	20,56	25,70	1,92	2,39
Sumiac	13,36	19,41	31,48	31,02	3,04	4,41	7,15	7,05	0,46	0,67	1,08	1,06	17,72	22,15	4,03	5,03	0,61	0,75
Bravčovo	17,55	16,41	12,50	33,95	4,46	4,17	3,18	8,64	0,62	0,58	0,44	1,20	18,18	22,73	4,63	5,78	0,64	0,80
Bacúch	11,28	14,65	17,36	12,57	2,97	3,86	4,57	3,31	0,40	0,52	0,62	0,45	12,76	15,95	3,36	4,20	0,46	0,57
Pohorelá	10,23	12,29	16,11	8,43	2,90	3,49	4,57	2,39	0,37	0,45	0,59	0,31	11,07	13,84	3,14	3,93	0,41	0,50
Jasenie	39,31	41,22	45,97	46,60	7,68	8,05	8,98	9,10	1,30	1,36	1,52	1,54	40,89	51,11	7,99	9,98	1,35	1,67
Hronec	75,66	121,70	170,28	75,28	31,78	51,12	71,52	31,62	3,20	5,14	7,19	3,18	95,16	118,95	39,97	49,96	4,02	4,99
Čierny Balog	12,73	12,90	15,54	19,38	2,66	2,70	3,25	4,05	0,43	0,43	0,52	0,65	13,50	16,87	2,82	3,53	0,45	0,56
Látky	13,85	18,80	16,37	12,45	3,42	4,65	4,05	3,08	0,49	0,66	0,57	0,44	15,31	19,14	3,79	4,73	0,54	0,67
Detvianska Huta	8,34	8,97	16,89	17,33	4,63	4,99	9,38	9,63	0,40	0,43	0,81	0,83	9,82	12,27	5,46	6,82	0,47	0,58
Podkriváň	34,77	51,08	77,20	53,81	7,08	10,41	15,73	10,96	1,16	1,70	2,57	1,79	43,81	54,76	8,92	11,16	1,46	1,81
Stožok	19,34	16,19	22,93	18,49	6,10	5,10	7,23	5,83	0,73	0,61	0,87	0,70	18,62	23,28	5,87	7,34	0,71	0,88
Viglaš	36,04	23,94	55,60	68,26	4,38	2,91	6,75	8,29	1,08	0,72	1,67	2,04	36,50	45,63	4,43	5,54	1,09	1,35
Litava	29,07	31,62	33,48	46,28	10,01	10,88	11,52	15,93	1,14	1,24	1,31	1,81	31,47	39,33	10,83	13,54	1,23	1,53
Krupina	22,42	28,63	22,18	24,54	7,99	10,20	7,91	8,75	0,89	1,13	0,88	0,97	24,34	30,42	8,68	10,84	0,96	1,20
Cerovo	30,09	46,58	45,10	69,86	13,22	20,47	19,82	30,69	1,29	2,00	1,94	3,01	38,96	48,70	17,12	21,40	1,68	2,08
Devíče	30,10	45,57	49,02	62,12	10,03	15,19	16,34	20,71	1,15	1,75	1,88	2,38	38,33	47,92	12,78	15,97	1,47	1,82
Pukanec	62,65	62,19	59,99	112,39	11,84	11,75	11,34	21,24	2,05	2,04	1,96	3,68	66,29	82,87	12,53	15,66	2,17	2,71
Prochot	19,29	17,87	19,88	44,78	10,73	9,95	11,06	24,92	0,92	0,86	0,95	2,14	20,96	26,19	11,66	14,58	1,00	1,25
Dobroč	36,89	58,58	25,03	63,44	4,87	7,73	3,30	8,38	1,12	1,78	0,76	1,93	44,36	55,45	5,86	7,32	1,35	1,68
Divín	26,12	26,40	32,62	33,07	8,30	8,39	10,37	10,52	0,99	1,00	1,24	1,26	27,20	34,00	8,65	10,81	1,03	1,29
Rapovce	22,81	22,48	11,29	14,31	6,77	6,67	3,35	4,25	0,85	0,84	0,42	0,53	21,26	26,57	6,31	7,88	0,79	0,99
Kokava nad Rimavicou	22,80	29,58	19,12	15,25	4,18	5,42	3,50	2,80	0,74	0,96	0,62	0,50	23,88	29,84	4,38	5,47	0,78	0,97
Poltár	26,21	27,72	16,75	16,27	1,80	1,91	1,15	1,12	0,73	0,77	0,47	0,45	25,21	31,51	1,73	2,17	0,70	0,88
Utekáč	25,40	21,84	27,02	19,02	25,40	21,84	27,02	19,02	1,13	0,97	1,20	0,84	23,99	29,99	3,05	3,81	1,06	1,33
Rudník	27,27	35,60	29,00	28,59	11,80	15,40	12,55	12,37	1,17	1,52	1,24	1,22	29,86	37,32	12,92	16,14	1,28	1,60
Rakovce nad Ondavou	49,48	77,55	64,46	61,27	3,88	6,08	5,05	4,80	1,39	2,19	1,82	1,73	59,42	74,27	4,66	5,82	1,67	2,09
Poruba pod Vihorlatom	39,25	36,53	18,56	35,28	7,12	6,63	3,37	6,40	1,27	1,18	0,60	1,14	36,75	45,94	6,67	8,34	1,19	1,48
Čierna Lehota	24,89	37,40	7,60	38,53	4,93	7,40	1,50	7,63	0,82	1,24	0,25	1,28	28,35	35,44	5,61	7,02	0,94	1,17
Kluknava	24,11	29,59	32,24	24,87	8,43	10,34	11,27	8,69	0,95	1,16	1,27	0,98	26,28	32,85	9,19	11,48	1,03	1,29
Kojšov	21,62	30,50	44,36	48,19	8,42	11,88	17,28	18,77	0,89	1,25	1,82	1,97	27,81	34,76	10,83	13,54	1,14	1,42
Mníšek n/Hnilcom	22,18	25,23	33,37	20,23	6,80	7,74	10,23	6,20	0,83	0,95	1,25	0,76	23,65	29,57	7,25	9,07	0,89	1,11
Žakarovce	37,44	52,51	84,72	30,68	7,55	10,58	17,08	6,18	1,24	1,75	2,82	1,02	44,40	55,51	8,95	11,19	1,48	1,85
Smolník	18,43	19,60	25,97	19,75	4,54	4,83	6,40	4,87	0,65	0,69	0,91	0,69	19,38	24,23	4,78	5,97	0,68	0,85
aritmetický priemer	27,80	34,75	36,32	37,63	7,47	9,61	10,32	10,49	1,01	1,27	1,34	1,38	31,14	38,92	8,51	10,64	1,14	1,42

Poznámka:

Ca_{ReC}, ReI, ReJ, ReK – limitné hodnoty obsahu Ca (mg · l⁻¹) pre jednotlivé zdravotné indikátory vypočítané na základe priemerných celoslovenských hodnôt zdravotných indikátorov

Mg_{ReC}, ReI, ReJ, ReK – limitné hodnoty obsahu Mg (mg · l⁻¹) vypočítané na základe priemerných celoslovenských hodnôt zdravotných indikátorov

(Ca + Mg)_{ReC}, ReI, ReJ, ReK – limitné hodnoty obsahu (Ca + Mg) (mmol · l⁻¹) vypočítané na základe priemerných celoslovenských hodnôt zdravotných indikátorov

LH – limitná hodnota obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) vypočítaná ako vážený priemer limitného obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) pre jednotlivé zdravotné indikátory podľa ich váhy

MNC – minimálne potrebná koncentrácia obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) vypočítaná ako vážený priemer limitného obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) pre jednotlivé zdravotné indikátory podľa ich váhy zvýšená o faktor neistoty (1,25)



Aby sme však zohľadnili vplyv prvých troch faktorov (životný štýl, úroveň zdravotnej starostlivosti a genetické faktory) na zdravie ľudí, zavádzame faktor neistoty (**UF – Uncertainty Factor**) **1,25**, ktorým vynásobíme vypočítané limitné hodnoty. Týmto limitné hodnoty zvýšime o 25 %. Takto minimalizujeme vplyv ostatných troch determinantov zdravia a stanovujeme obsah Ca, Mg a (Ca + Mg), pri ktorých by mali byť diskutované štyri hlavné zdravotné indikátory lepšie ako celoslovenské priemerné hodnoty. Tieto hodnoty predstavujú minimálne potrebné koncentrácie – MNC (tab. 8). Faktor neistoty zavádzame hlavne z nasledovného dôvodu. Deficitný obsah Ca a Mg v pitnej vode nepôsobí zrejme rovnako na všetkých ľudí. Na citlivejších jedincov viac, na odolnejších jedincov menej. Toto je zrejme dôvod, prečo obsah Ca a Mg nie je doteraz limitovaný v norme WHO pre pitnú vodu. Do úvahy však treba brať aj skutočnosť, že ľudský organizmus sa postupne adaptuje a prispôsobuje vonkajším environmentálnym faktorom. Aj vplyvu nižšieho obsahu Ca a Mg. Limitné hodnoty zvýšené o faktor neistoty (UF) predstavujú minimálne potrebnú koncentráciu MNC (tab. 8), ktoré predstavujú obsah prvkov, ktoré by mal človek prijať z pitnej vody, aby nebolo ohrozené jeho zdravie. Tieto hodnoty MNC v ďalšom používame ako základ na výpočet ADMD, ADND a ADAD.

Príklad výpočtu uvedených troch dávok opäť udávame na príklade Mg v pitnej vode. Priemerný obsah Mg (CW) v skupine obcí „mäkká“ voda je 5,66 mg . l⁻¹ a hodnota MNC je 10,64 mg . l⁻¹.

Výpočet ADND je nasledovný:

$$\text{ADND} = (\text{MNC} \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADND} = (10,64 \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADND} = 0,304 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Výpočet ADMD je nasledovný:

$$\text{ADMD} = ((\text{MNC} - \text{CW}) \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADMD} = ((10,64 - 5,6) \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADMD} = 0,144 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Výpočet ADAD je nasledovný:

$$\text{ADAD} = (\text{CW} \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADAD} = (5,6 \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 25\,550)$$

$$\text{ADAD} = 0,16 \text{ mg} \cdot \text{kg-deň}$$

Výpočet Hazard Quocientu – HQ_d

Zdravotné riziko vzniku chronických ochorení pre jednotlivé prvky/látky sa v zmysle US EPA (1989a) vyjadruje pomocou Hazard Quocentu (HQ) a pre expozíciu viacerými prvkami/látkami formou indexu nebezpečenstva (**Hazard Index – HI**). Ten predstavuje sumu HQ pre jednotlivé prvky.

V zmysle metodiky US EPA sa na výpočet HQ používa nasledovný vzorec:

$$\text{HQ} = \text{ADD} / \text{RfD},$$

ktorý vyjadruje o koľko je prekročená priemerná denná dávka a aké je riziko vyjadrené formou HQ.

V našom prípade riziko nepredstavuje nadbytok škodlivého prvku, ale deficit potrebného prvku. Preto tento vzorec modifikujeme nasledovne:

$$HQ_d = ADND/ADAD$$

A tak vyjadríme o koľko je nižšia prijatá dávka než potrebná dávka, a aké je zdravotné riziko vyjadrené formou HQ_d. Príklad výpočtu HQ_d opäť podávame na základe obsahu Mg v pitnej vode v skupine „mäkká“ voda. Používame hodnoty ADND a ADAD odvodené na základe reálneho obsahu Mg v pitnej vode a reálnych hodnôt o zdravotnom stave obyvateľov v skupine „mäkká“ voda. Referenčnú dávku Mg, ktorú by mal človek denne prijať predstavuje priemerná denná potrebná dávka (ADND), ktorá je 0,304 mg . kg-deň. Priemerná denná prijatá dávka (ADAD) je 0,16 mg . kg-deň.

Výpočet HQ_d pre Mg je nasledovný:

$$HQ_d = ADND/ADAD$$

$$HQ_d = 0,304/0,16$$

$$HQ_d = 1,9$$

Sumárne riziko HI_d (Hazard Index) z deficitného obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) potom predstavuje suma HQ_d pre uvedené tri prvky

$$HI_d = \Sigma HQ_d$$

Na hodnotenie úrovne rizika vzniku chronických ochorení používame nasledovnú škálu (tab. 9) v zmysle US EPA (1989a).

Tab. 9

Škála pre klasifikáciu úrovne rizika vzniku chronických ochorení.

Stupeň rizika	HQ _d (ADND/ADAD)	Riziko vzniku chronických ochorení
1	≤ 0,1	bez rizika
2	> 0,1 ≤ 1	nízke
3	> 1 ≤ 4	stredné
4	> 4	vysoké

Z uvedeného je zrejmé, že obyvatelia skupiny „mäkká“ voda sú v strednom riziku deficitného obsahu Mg v pitnej vode.

Výpočet celoživotného rizika vzniku ochorení – ELHR

Výpočet celoživotného rizika vzniku ochorení vyjadruje počet vzniku ochorení na počet obyvateľov. V zmysle zavedenej metodiky US EPA sa používa len na výpočet celoživotného rizika vzniku rakovinových ochorení. Počíta sa podľa vzťahu:

$$CR = (AAD \times CSF)/1\,000$$

CSF – faktor smernice, CR – celoživotné riziko vzniku rakoviny

Výpočet rizika vzniku rakovinových ochorení sa počíta len pre chemické prvky/látky, ktoré majú vo svetových databázach (IRIS, RAIS) určené faktory smernice rakoviny. Podstatou týchto výpočtov je opäť stanovenie priemernej dennej dávky. Pri zanedbaní faktora smernice rakoviny (CSF) môžeme tento vzorec aplikovať na výpočet celoživotného rizika vzniku ochorení. Nie rakovinových, ale všetkých. Tak vyjadríme zdravotné riziko formou počtu prípadov vzniku ochorení na počet obyvateľov. Opäť ako pri výpočtoch HQ_d miesto ADD použijeme ADMD, keďže sa jedná o riziko z deficitu.

Výpočet ELHR pre Mg je nasledovný:

$$ELHR = ADMD/1\,000$$

$$ELHR = 0,1423/1\,000$$

$$ELHR = 1,423 \cdot 10^{-4}$$

Pri použití hodnotiacej škály rizika vzniku rakovinových ochorení (tab. 10) US EPA (1989a) sa jedná o 1,423 prípadov na 10 000 obyvateľov, teda o úroveň stredného rizika. Tento spôsob výpočtu zdravotného rizika považujeme len za informatívny, ale tiež naznačuje, že obyvatelia skupiny obcí „mäkká“ voda sú tiež v určitom zvýšenom celoživotnom riziku vzniku ochorení z deficitného obsahu Ca, Mg v pitnej vode.

Tab. 10
Škála pre klasifikáciu úrovne rizika vzniku rakovinových ochorení.

Stupeň rizika	Vypočítaný vznik prípadov rakovinových ochorení	Riziko vzniku rakovinových ochorení
1	< 1 na 1 000 000 obyvateľov	veľmi nízke
2	> 1 na 1 000 000 obyvateľov	nízke
	< 1 na 100 000 obyvateľov	
3	> 1 na 100 000 obyvateľov	stredné
	< 1 na 10 000 obyvateľov	
4	> 1 na 10 000 obyvateľov	vysoké
	< 1 na 1 000 obyvateľov	
5	> 1 na 1 000 obyvateľov	veľmi vysoké

Vyhodnotenie výsledkov výpočtov rizikovej analýzy a návrh cieľových hodnôt pre rekarbonizáciu

Výsledky výpočtov rizikovej analýzy pre Ca, Mg a (Ca +Mg) v dvoch obciach, kde sa bude rekarbonizovať pitná voda a v skupine obcí „mäkká“ voda sú uvedené v tabuľke 11. Aj v prípade HQ_d aj v prípade $ELHR$ sa riziko z deficitného obsahu Ca, Mg a (Ca + Mg) pohybuje na úrovni stredného rizika. Hodnoty HQ_d sa pohybujú v rozpätí 2,1 – 2,8 a nie sú žiadne významné rozdiely v HQ_d pre hodnotené tri parametre. Hodnoty $ELHR$ sa pohybujú tiež v pomerne úzkom rozmedzí $1,0 \cdot 10^{-5}$ – $3,07 \cdot 10^{-4}$, t. j. na úrovni stredného rizika.

Tab. 11
Výsledky výpočtov rizikovej analýzy.

Zdroj	Reálna koncentrácia			Minimálne potrebná koncentrácia			RIZIKO – HQ _d			RIZIKO – ELHR		
	Ca	Mg	(Ca + Mg)	Ca	Mg	(Ca + Mg)	Ca	Mg	(Ca + Mg)	Ca	Mg	(Ca + Mg)
„mäkká“ voda	21,20	5,66	0,77	38,92	10,64	1,42	1,836	1,900	1,77	$5,06 \cdot 10^{-4}$	$1,42 \cdot 10^{-4}$	$1,85 \cdot 10^{-5}$
Devičie	30,00	10,20	1,15	47,92	15,97	1,82	1,597	1,566	1,583	$5,12 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,91 \cdot 10^{-5}$
Kokava nad Rimavicou	19,10	3,50	0,62	29,84	5,47	0,97	1,59	1,55	1,563	$3,07 \cdot 10^{-4}$	$5,63 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Úroveň stredného rizika znamená skutočnosť, že o riziku by mali byť informované administratívne orgány, aby sa mohli podľa potreby zahájiť nápravné opatrenia.

Z výsledkov rizikovej analýzy navrhujeme ako cieľové hodnoty pre rekarbonizáciu vody nasledovné hodnoty (tab. 12).

Tab. 12
Cieľové hodnoty pre rekarbonizáciu pitnej vody v obci Devičie a Kokava nad Rimavicou.

Devičie			Kokava nad Rimavicou		
Ca	Mg	(Ca + Mg)	Ca	Mg	(Ca + Mg)
[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	[mmol · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	[mmol · l ⁻¹]
35 – 40	16 – 21	1,5 – 1,6	25 – 30	8 – 12	1,1 – 1,3

Pri takýchto hodnotách obohatenia vo všetkých prípadoch dôjde k výraznému zníženiu zdravotného rizika, oveľa viac než 10 %, ako to bolo založené v projekte. Úplne eliminujeme zdravotné riziko z deficitu Mg (výrazne znížime (viac než 50 %) zdravotné riziko z nízkej tvrdosti vody a taktiež viac než 10 % znížime riziko z deficitu Ca. Uvedené navrhované hodnoty rekarbonizácie vody sú plne v súlade s orientačnými hodnotami uvedených troch parametrov v slovenskej norme pre pitnú vodu (Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.).

Pri navrhovaných hodnotách rekarbonizácie sme brali do úvahy viacero skutočností. Horčík je pre ľudský organizmus zrejme oveľa dôležitejší ako vápnik, hlavne čo sa týka kardiovaskulárnych a onkologických ochorení. Preto ho budeme obohacovať viac ako vápnik. Technicky je nemožné dosiahnuť jedno presné číslo obohatenia obsahu prvku. Závisí to od premenlivosti spotreby vody počas dňa (najväčší odber vody je v popoludňajších hodinách). Ďalšie hľadisko, ktoré sme museli zohľadniť je tvrdosť vody a následná tvorba inkrustov (zanášanie práčok, umývačiek riadu a pod.). Obyvatelia sa toho obávajú. Preto tvrdosť vody zvyšujeme hlavne len obsahom Mg. Cieľové hodnoty rekarbonizácie sú rozdielne v obci Devičie a v obci Kokava nad Rimavicou. Do úvahy však treba brať skutočnosť, že ľudský organizmus sa postupne adaptuje a prispôbuje vonkajším environmentálnym podmienkam. Aj vplyvu nižšieho obsahu Ca a Mg.

Deficit obsahu Ca a Mg v pitnej vode nepôsobí na každého rovnako a na všetkých ľuďoch. Na citlivejších jedincov zrejme oveľa viac. Na odolnejších jedincov menej. Toto je zrejme dôvod, že obsah Ca a Mg nie je doposiaľ limitovaný v norme WHO pre pitnú vodu. Navrhované limity rekarbonizácie pitnej vody zrejme nie sú konečné, sú



minimálne. Podľa potreby a technických možností ich budeme modifikovať, a keď si obyvatelia zvyknú na zvýšený obsah Ca a Mg, podľa možnosti ich ešte zvýšime. Zvyšovať budeme najmä obsah Mg.

LITERATÚRA

Alon, I., Gorelik, O., Berman, S., Almozino-Safarian, D., Shteinshnaider, M., Weissgarten, J., Modai, D., Cohen, N. (2006). Intracellular magnesium in elderly patients with heart failure: Effects of diabetes and renal dysfunction. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*; 20, 221 – 226.

Catling, L., Abubakar, I., Lake, I., Swift, L., Hunter, P. (2005). Review of evidence for of relationship between incidence cardiovascular disease and water hardness. University of East Anglia and Drinking Water Inspectorate, Norwich, Norfolk, NR47TJ. 142.

Fajčíková, K., Cvečková, V., Rapant, S., Dietzová, Z., Sedláková, D., Stehlíková, B. (2016). Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky.: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 191 s.

Kožíšek, F. (2003). Health significance of drinking water calcium and magnesium. National Institute of Public Health, 29.

Kožíšek, F. (2004). Health risks from drinking demineralised water. World Health Organization, Geneva, 148 – 163 In: WHO (2005) Nutrients in drinking water. Water, Sanitation and Health Protection and the Human Environment, World Health Organization, Geneva, 186.

Lynn, R. (2001). RISC4. User's Manual. Risk-Interated Software for Clean-UPS. 463. Spence Engineering Pleasanton, California. Terry Walden BP Oil International Sunbury, UK.

Metodický pokyn MŽP SR č. 623/98-2 na postup hodnotenia a riadenia rizík. Vestník MŽP SR, VI, 6, 51 – 71.

NCZI (2013). Zdravotnícka ročenka Slovenskej republiky 2012. Národné centrum zdravotníckych informácií, Bratislava, 241.

NCZI (2015). Zdravotníctvo Slovenskej republiky v číslach 2014. Národné centrum zdravotníckych informácií, Bratislava, 14. (www.nczisk.sk)

Odborné usmernenie MZ SR, HH SR (2001) na posudzovanie miery prijateľného zdravotného rizika v súvislosti s určením najvyššej medznej hodnoty kvality pitnej vody orgánom na ochranu zdravia pri posudkovej činnosti. Vestník MZ SR, 49, 27/28.

Parikh, M., Webb, S. T. (2012). Cations: potassium, calcium, and magnesium, Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain, 12 4, 195 – 198.

Rapant, S., Fajčíková, K., Cvečková, V., Ďurža, A., Stehlíková, B., Sedláková, D., Ženišová, Z. (2015). Chemical composition of groundwater and relative mortality for cardiovascular diseases in the Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*. 37, 4, 745 – 756.

Rapant, S., Letkovičová, M., Cvečková, V., Fajčíková, K., Galbavý, J., Letkovič, M. (2010). Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 245.

Rapant, S., Cvečková, V., Fajčíková, K., Sedláková, D., Stehlíková, B. (2017). Impact of Calcium and Magnesium in Groundwater and Drinking Water od the Health of Inhabitants of the Slovak Republic. - In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14, 278.

Rosborg, I., ed. (2015). Drinking Water Minerals and Mineral Balance Importance, Health Significance, Safety Precautions. Springer International Publishing Switzerland, Springer Verlag, ISBN: 978–3–319–09592–9 (Print) 978–3–319–09593–6 (Online).

Rylander, R., Bonevik, H. & Rubenowitz, E. (1991). Magnesium and calcium in drinking water and cardiovascular mortality. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17, 91 – 94.

US EPA (1989a). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part A – Baseline risk assessment, Interim Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, (EPA/540/1-89/002).

US EPS (1989b). Exposure factors handbook. Office of Health and Environmental Assessment, (EPA/600/8-89/43).



Zlepšenie zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky prostredníctvom rekarbonizácie pitných vôd

US EPA (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM) – Supplemental Guidance, Interim Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, (OSWER 9285.6-03).

US EPA (1997). Exposure factors handbook I., II., III. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, (EPA /600/P-95/002Fa).

US EPA (1999a). Risk assessment guidance for Superfund (RAGS): Volume 1 - Human Health Evaluation Manual Supplement (HHEM) to Part A: Community involvement in Superfund risk assessments. United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, (EPA 540-R-98-042).

US EPA (1999b). A Risk Assessment – Multiway exposure spreadsheet calculation tool. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

US EPA (2004). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part E - Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC.

US EPA (2005) Guidelines for carcinogen risk assessment. United States Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC, (EPA/630/P-03/001F).

US EPA (2008). Child-specific Exposure Factors Handbook. United States Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC (EPA/600/R-06/096F).

US EPA (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part F – Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment, Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC (EPA-540-R-070-002).

US EPA (2014). Integrated Risk Information System (IRIS). United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/search/index.cfm?first_letter=C).

Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou. <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2017-247>, (v znení č. 97/2018 Z. z.)

Yang, Ch. Y., Chiu, H. F., Cheng, B. H., Hsu, T. Y., Cheng, M. F., Wu, T. N. (2000). Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from breast cancer. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues. 60, (4), 231 – 241.

Commission Regulation (EC) No. 1488/94; www.rmri.ro/EU_2850/Downloads/EC1488-94

Commission Directive 93/67/EEC <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1b5257d9-fe8c-4071...>

IRIS – Intergrated Risk Information Systém <https://www.epa.gov/iris>

RAIS – Risk Assessment Information System <https://rais.ornl.gov>